



Comparaison de méthodes de détection de temps de vol adaptées à la tomographie ultrasonore des arbres sur pied

Philippe Lasaygues, Andrés Arciniegas

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, Marseille, France

Loic Brancheriau

CIRAD, UR BioWooEB – UMR AMAP, Montpellier, France



Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

Contexte

Contexte :

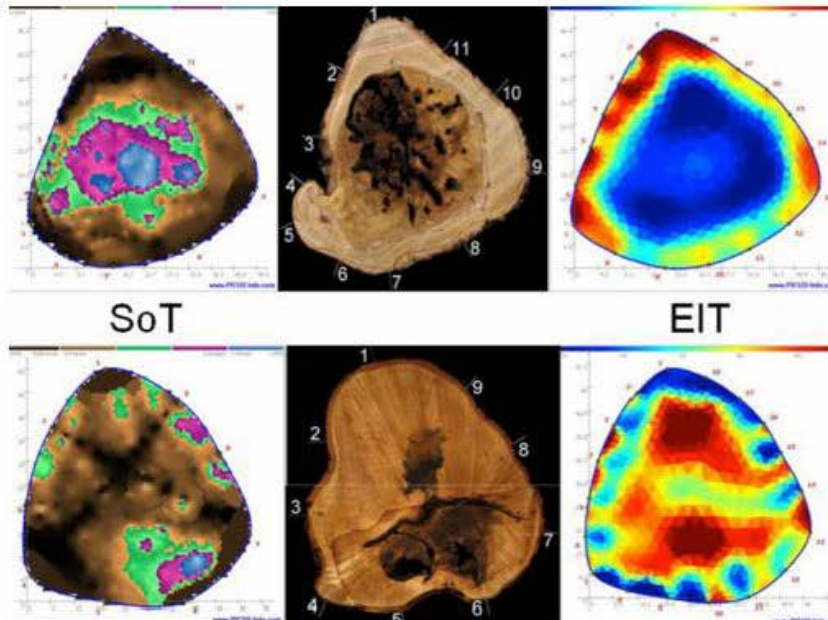
- Contrôles non destructifs des arbres in situ ;
- Recherche de défauts (vide) ;
- Evaluation des altérations (champignons ou insectes) ;

Routine forestière :

- Pénétromètre ;
- Radiologie X et Gamma ;
- Tomographie électrique ;
- Mesures acoustiques (Pundit®) ;



Acoustique



Electrique



Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

Objectif, Verrous & Méthodologies



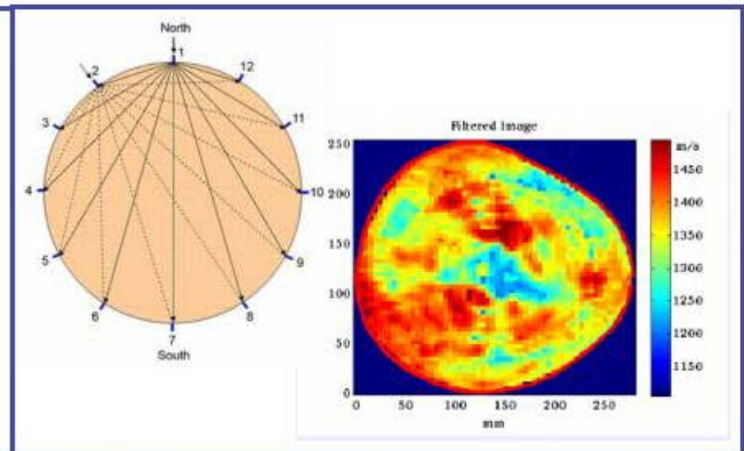
Objectif : Développer un appareil de tomographie ultrasonore

Verrous :

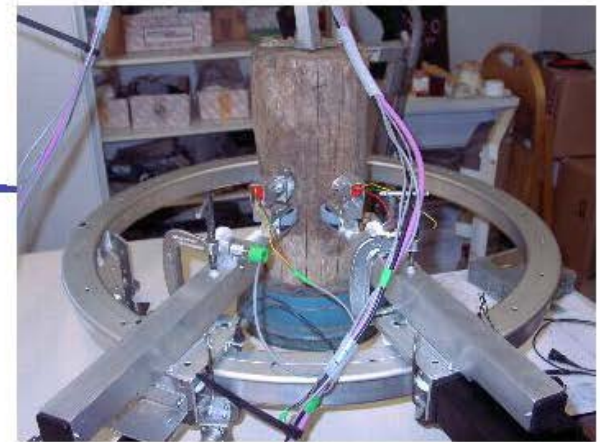
- (1) Compromis précision, résolution, exploitation in situ ;
- (2) Propagation d'ondes en milieux orthotropes ;
- (3) Prise en compte de l'humidité ;

Méthodologies :

- Tomographie qualitative & quantitative
- Méthodes algébriques : ART, SIRT
- Méthodes analytiques : Fourier (Radon)



Imagerie ultrasonore des arbres sur pied Prototype Arb'Ust (CIRAD/ LMA)



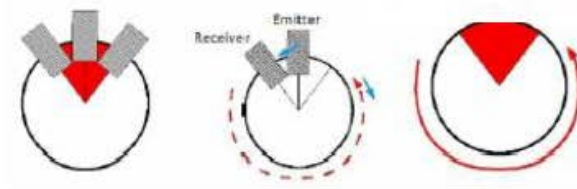
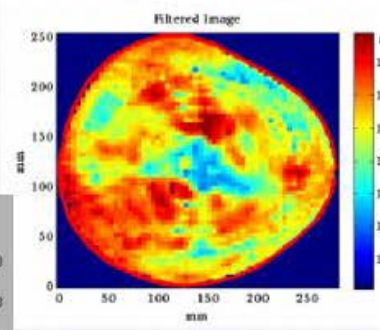
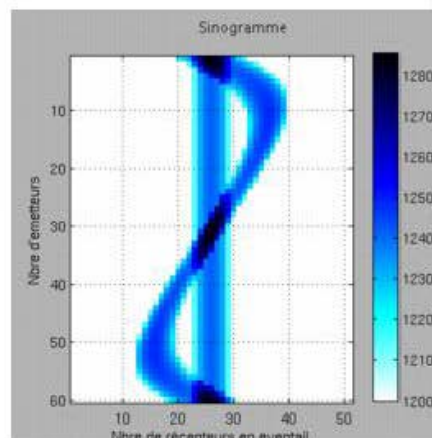
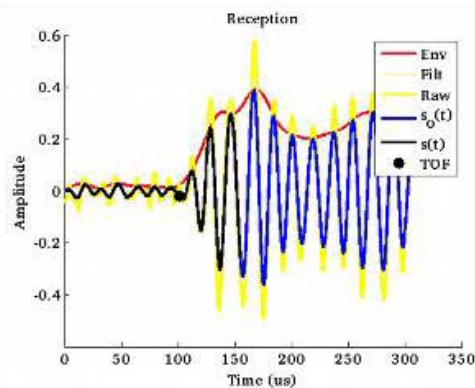
Emission : 55 kHz, 480 V, 5 square periods
Amplifier: 80dB, ADC : Fe = 0.5 MHz, 4.1 ms

Difficultés :

- Milieux orthotropes, hétérogénéités,
- **Atténuation** ↑ & **Rapport S/B** ↓

→ Signaux difficiles à interpréter

(Temps-de-vol → Sinogramme (vitesses) → Tomogramme)



Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

Détection des temps-de-vol (TOF)

Méthodes retenues :

→ Intercorrélation (référence)

→ Méthode du seuil (Beall, 2002, Bucur, 2006)

→ Méthode de Fisher (Arciniegas, 2014)

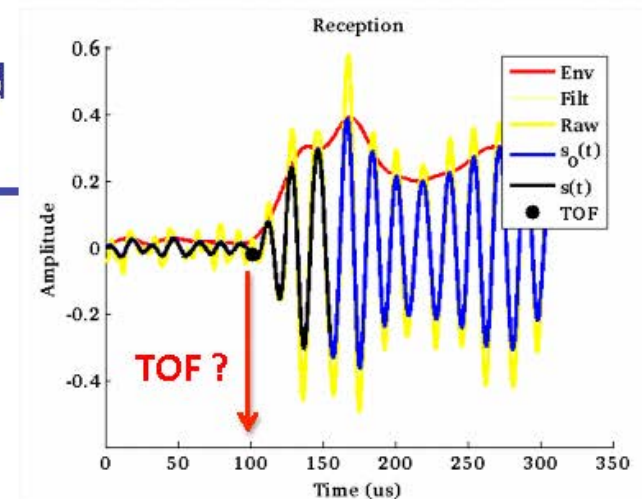
Comparaison de la variance entre deux segments identiques

→ Critère d'Hinkley (Kurtz, 2005)

Analyse de la puissance instantanée du signal

→ Critère Akaike (Zhang, 2003)

Division en segments localement stationnaires modélisés par un processus autorégressif



$$F[k] = \frac{\text{var}(x[k, \dots, k+n-1])}{\text{var}(x[k+n, \dots, k+2.n-1])}$$

$$S[k] = \sum_{p=1}^k (x_p^2) - \frac{k}{\alpha \cdot N} \sum_{p=1}^N (x_p^2)$$

$$AIC[k] = k \cdot \log(\text{var}(x[1, \dots, k])) + (N - k) \cdot \log(\text{var}(x[k+1, \dots, N]))$$

Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

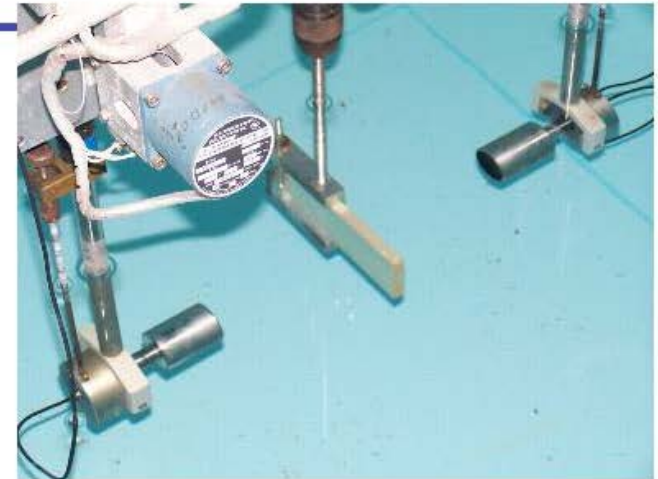
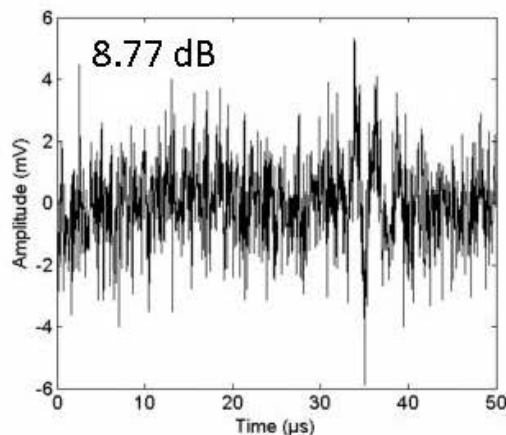
Détection des temps-de-vol (TOF)

Protocole expérimental :

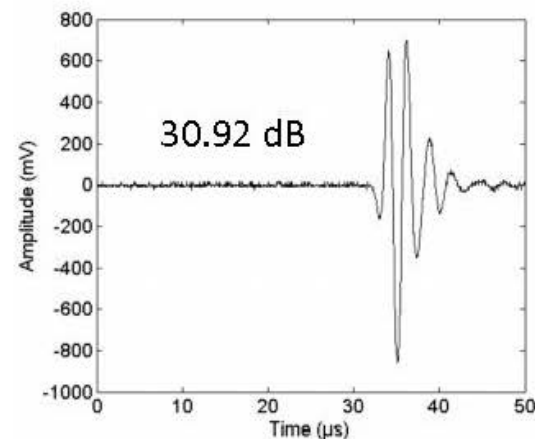
- Variations du rapport Signal/Bruit par pas de 5 dB
- Enregistrements de 100 signaux / RSB
- Mesures des TOF par les différentes méthodes
(+ référence : intercorrélacion avec et sans objet)
- Statistiques sur les 100 signaux enregistrés

→ Calcul des vitesses (Longi). $C = \frac{C_0}{1 + \frac{C_0 \Delta t}{L}}$

$C_0 = 1489 \text{ m/s (17°C)}$

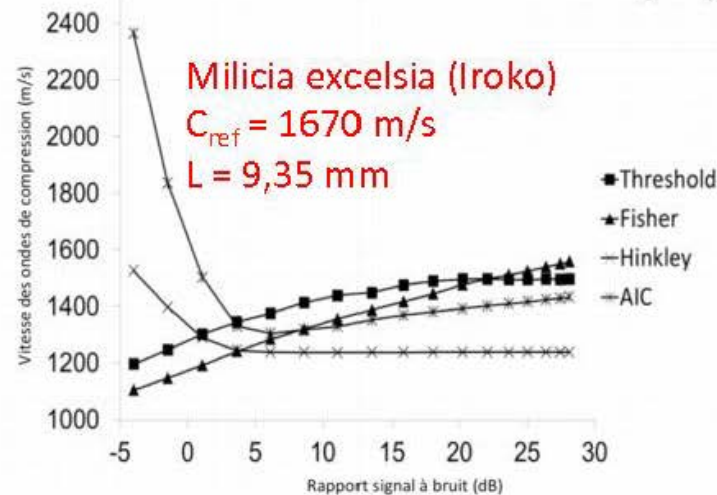
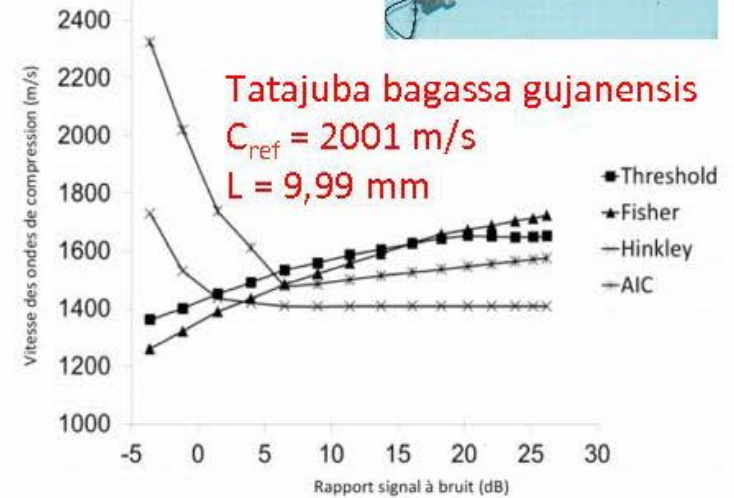
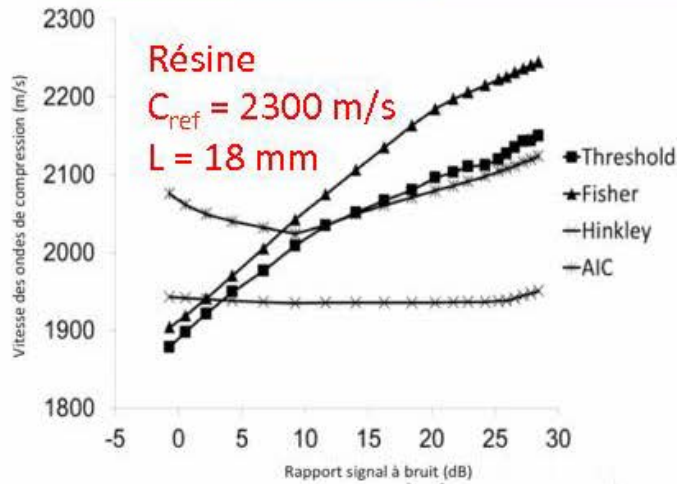
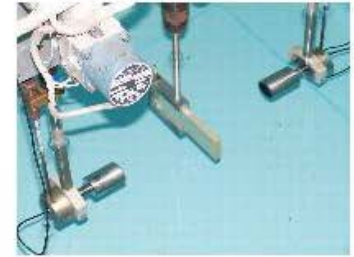


Arciniegas et al., Trees, 2014



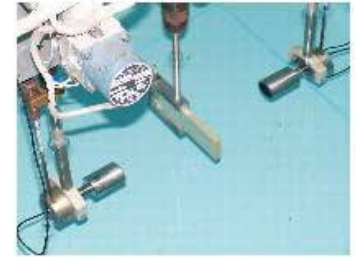
Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

Vitesses de ondes de compression



Imagerie ultrasonore des arbres sur pied

Conclusion

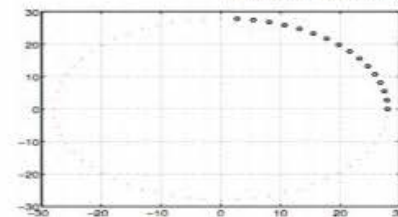
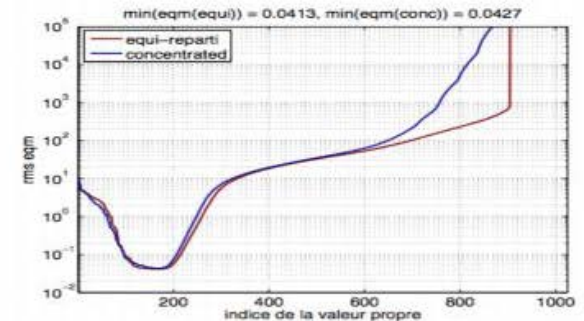
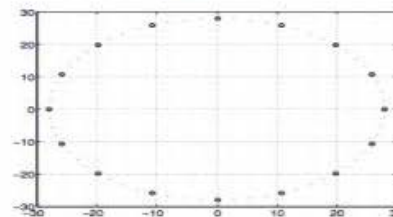
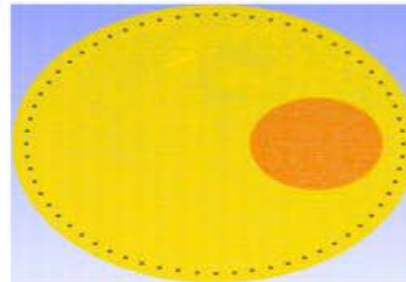


la méthode appropriée est celle qui permet de déterminer un temps de vol moyen (donc une vitesse moyenne) le plus constant possible, et une erreur de détermination la plus faible possible.

- « Hinkley » → meilleure méthode lorsque le SNR est supérieur à 10 dB (faible bruit) ;
- « Fisher » → mieux adaptée pour des signaux plus bruités.



Institut Fresnel
A. Litman, A. Roueff
Lamine M. Diong



Outils Statistiques pour l'Amélioration de Systèmes d'Imagerie par Diffraction

M. Diong^a, P. Lasaygues^a, A. Roueff^b et A. Litman^b

*Session ISS3 Méthodes d'inversion pour l'imagerie acoustique
Salle A 150, vendredi 25 avril, 14:40*